

Suspensiones de zoosporas de *Phytophthora cinnamomi* que causan la "seca" en cinco especies de *Quercus* mediterráneos

J.J. TUSET, F. COTS, C. HINAREJOS Y J.L. MIRA

La encina (*Q. rotundifolia*) y el alcornoque (*Q. suber*) junto con el roble rojo americano (*Q. rubra*) son especies sensibles a *Phytophthora cinnamomi*. Este hongo está asociado a la "seca" (oak decline), que es la principal enfermedad que los afecta desde comienzos de los años 80, tanto en árboles aislados como en grupo. La infección de este hongo se produce principalmente por las zoosporas. Con el fin de determinar las menores suspensiones de estas que producen infección a través del sistema radical de las plantas de *Quercus*, en nuestra experiencia hemos empleado las siguientes: 10^4 ; $2,5 \times 10^4$; 5×10^4 ; 10^5 zoosporas/ml, utilizando tres aislados de *P. cinnamomi* procedentes de *Q. suber* (IVIA-1), *Q. rotundifolia* (IVIA-2) y de *Q. rubra* (IVIA-7). El sistema radical de las plántulas de las cinco especies de *Quercus* (*Q. rotundifolia*, *Q. suber*, *Q. faginea*, *Q. petraea* y *Q. pyrenaica*) se dispuso en las suspensiones de zoosporas, realizando el control de los síntomas de la enfermedad, tanto en la parte aérea como en el sistema radical, a los 50 días. Esta metodología proporciona una buena motilidad de las zoosporas y una evidente atracción de los tejidos radicales. De las cinco especies, *Q. rotundifolia* se ha comportado como la más sensible, necesitando *Q. suber*, *Q. faginea* y *Q. petraea* suspensiones diez veces superiores (10^5 zoosporas/ml) para mostrar afección. En el caso de *Q. pyrenaica* una suspensión de 5×10^4 causó claramente la enfermedad. Sin embargo, los niveles de afección fueron similares en los tres aislados del hongo para cada especie de *Quercus*, lo que demuestra que *P. cinnamomi* posee una escasa o nula especificidad así como una gran polifagia.

J.J. TUSET, F. COTS, C. HINAREJOS Y J.L. MIRA: Departamento de Protección Vegetal y Biotecnología. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Carretera Moncada-Naquera, Km 4,5. 46113 Moncada (Valencia).

Palabras clave: *Phytophthora cinnamomi*, "seca" (oak decline), suspensión de zoosporas, *Quercus rotundifolia*, *Q. suber*, *Q. faginea*, *Q. petraea*, *Q. pyrenaica*, infección radical, afección aérea y radical.

INTRODUCCIÓN

En la foresta mediterránea, la encina (*Quercus rotundifolia* Lam.), el alcornoque (*Q. suber* L.) y el roble rojo americano (*Q. rubra* L.) son especies sensibles a la actividad patógena de *Phytophthora cinnamomi* Rands (Brasier, 1992; Cobos *et al.*, 1993; Tuset *et al.*, 1996; Robin *et al.*, 1998). Este hongo está asociado a la enfermedad cono-

cida como la "seca" (un típico oak decline) considerada como la más importante de los *Quercus* mediterráneos (Brasier *et al.*, 1993; Tuset *et al.*, 1996). Los síntomas de la "seca" incluyen el amarilleo de las hojas, defoliación, presencia de ramas puntisecas y secas, brotes epicórmicos en las ramas principales y tronco, y muerte de los árboles. Generalmente, la muerte se produce varios años después de la infección, aunque se puede acele-

rar si las condiciones ambientales favorecen la destrucción rápida de las raíces absorbentes por un aumento del inóculo del hongo en el suelo (Shearer y Tippet, 1989).

Las zoosporas son el inóculo más efectivo del hongo para producir la infección, una vez puestas en contacto con los tejidos del huésped (Hickman, 1970). Estas se dispersan con celeridad en el medio líquido (solución del suelo) y son atraídas quimiotácticamente por las raíces superando la fungistasis (principalmente debida a factores químicos y biológicos) propia del medio (Hickman y Ho, 1966; Hinch y Weste, 1979). Basándose en estos conceptos, Hickman (1970) señala la acumulación de zoosporas en los ápices radicales de plantas para 13 especies de *Phytophthora*. La metodología empleada consistía en sumergir algunas raíces o el sistema radical completo en las suspensiones de zoosporas, lo que implica una buena movilidad de éstas y una evidente atracción de los tejidos radicales. Una vez encistadas las zoosporas en la superficie de las raíces, tiene lugar la germinación y los tubos germinativos normalmente, muestran una quimiotaxis positiva dirigiéndose hacia los tejidos corticales para infectarlos (Weste, 1983). Esta técnica de inoculación proporciona una mejor información sobre la capacidad de infección de los diversos aislados del hongo en cada huésped al utilizar el sistema radical como soporte alimenticio (Robin y Desprez-Loustau, 1998).

Los estudios que se han realizado durante los últimos ocho años para demostrar la implicación de *P. cinnamomi* en la "seca" de las encinas y alcornoques, tanto en el invernadero como en el campo, teniendo como huéspedes plantas jóvenes y adultas, han empleado el micelio del hongo como inóculo (Tuset *et al.*, 1996; Robin y Desprez-Loustau, 1998). En este trabajo hemos querido conocer otros aspectos de la relación huésped-patógeno, como son la eficacia de las zoosporas en la infección radical de los *Quercus*, y la menor suspensión de estas que producen daño en las plantas, tanto en la parte aérea como en la subterránea. Para tal

fin, han sido inoculados los sistemas radicales de plantas jóvenes de cinco especies de *Quercus* (encina, alcornoque y tres robles) con zoosporas de varios aislados de *P. cinnamomi* en medio líquido comprobando la infección y el grado de afección obtenido en un tiempo corto, no mayor de dos meses, para este tipo de cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Plantas: En la experimentación, se han utilizado plántulas de un año de edad de encina (*Q. rotundifolia*), alcornoque (*Q. suber*), y tres robles: quejigo (*Q. faginea* Lamk), rebollo (*Q. pyrenaica* Willd.) y roble albar (*Q. petraea* (Mattuschaka) Lieb.). Todas ellas procedentes de viveros forestales de la Comunidad de Castilla-León, dispuestas en alveolos conteniendo un sustrato formado por una mezcla de mantillo de bosque y tierra, con una altura aproximada de 25-30 cm.

Aislados del hongo: Tres aislados de *P. cinnamomi*: IVIA-1, procedente de *Q. suber*; IVIA-2, procedente de *Q. rotundifolia*; IVIA-7, procedente de *Q. rubra* se han empleado en los ensayos. Todos ellos obtenidos por nosotros de plantas adultas afectadas de "seca" (caso de la encina y el alcornoque) de Cáceres (Extremadura) y Cádiz (Andalucía) y de árboles con chancros en el tronco y desecados (caso del roble rojo americano) de Navarra. Los aislamientos se realizaron a partir de raicillas absorbentes de los árboles infectados de encina y alcornoque y de chancros jóvenes del roble rojo americano. Los hongos se mantuvieron en patata-dextrosa-agar (PDA) antes de ser utilizados en la experimentación.

Producción de zoosporas: Los tres aislados del hongo se cultivaron en un medio agar-vegetales (compuesto de: zumo de tomate, apio, zanahoria, perejil, espinaca, lechuga, remolacha, cebolla, albahaca, zumo de manzana y zumo de limón: 200 gr; CaCO₃: 3 gr; agar: 17gr; agua destilada: 800 ml) durante 6-7 días a 24°C en la oscuridad, para

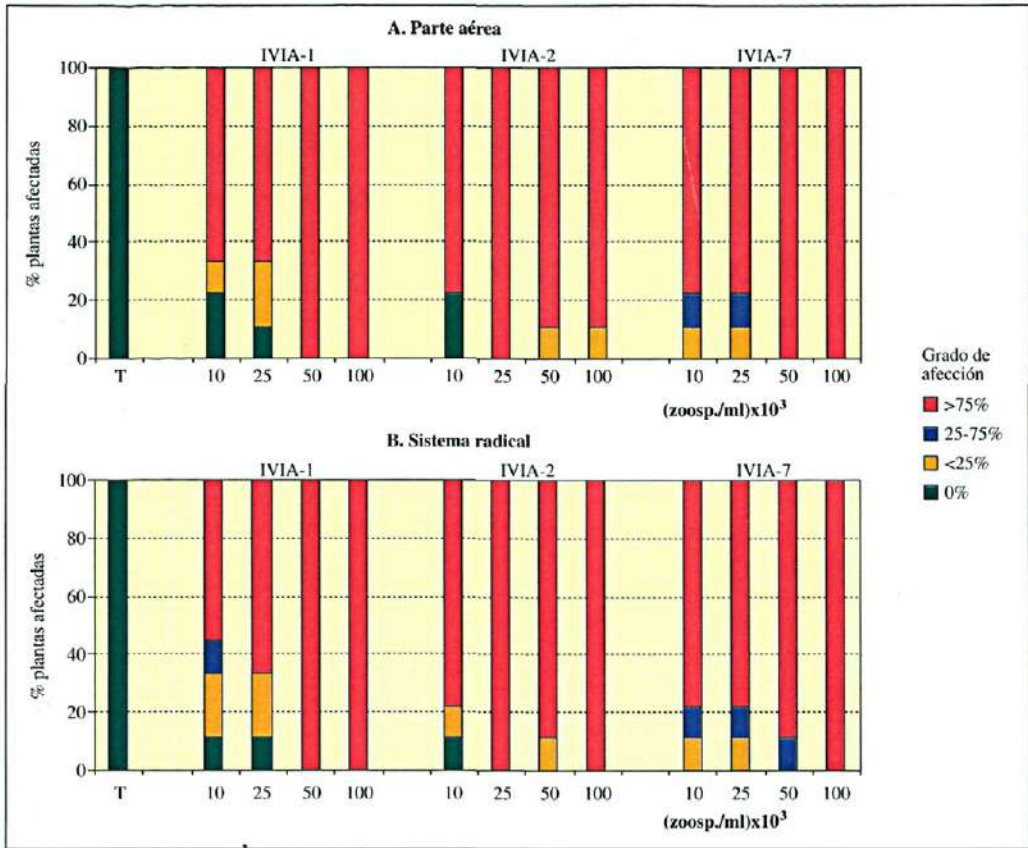


Figura 1.—Afección media de la parte aérea (A) y del sistema radical (B) de las plantas de *Q. rotundifolia* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*.

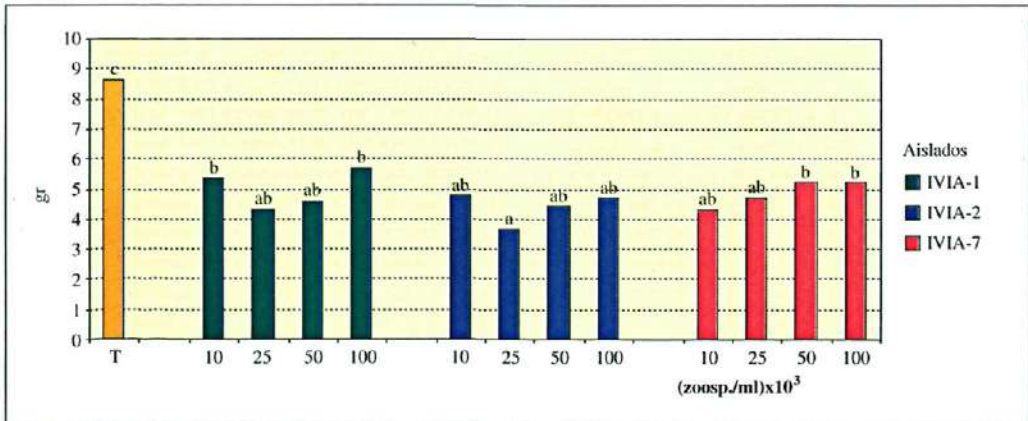


Figura 2.—Peso medio de las plantas de *Q. rotundifolia* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*. Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes a $P=0.05$ según el test de DUNCAN.

producir un buen desarrollo micelar. Posteriormente el agar con el micelio formado se cortó en tiras de aproximadamente 8-10 mm de anchura y, por cada placa de petri, se añadieron 20 ml de extracto de suelo no esterilizado y se incubaron con luz continua a 27°C durante 5 días. Una vez comprobada la formación y maduración de los esporangios, estas placas se situaron a 8°C durante 45 min y después a temperatura ambiente (20-22°C) para potenciar la formación y liberación de las zoosporas.

Infección: Hemos utilizado en los ensayos como inóculo cuatro suspensiones densas (10^4 , 2.5×10^4 , 5×10^4 , 10^5 /ml) de zoosporas de cada uno de los tres aislados del hongo. En el invernadero los sistemas radicales de las plántulas de las cinco especies de *Quercus* se mantuvieron en las distintas suspensiones de zoosporas en extracto de suelo durante 50 días. El pH de estas suspensiones en el extracto de suelo al inicio de la experimentación estuvo comprendido entre 6.7 y 6.8 y fue medido periódicamente durante el desarrollo de la misma. El control de los síntomas de la afección, tanto de la parte aérea (defoliación y muerte) como del sistema radical (necrosis), se efectuó al finalizar este periodo de tiempo. Plantas testigo fueron dispuestas también en el extracto de suelo sin contener zoosporas. Por cada especie de *Quercus*, aislado del hongo y concentración de zoosporas, se emplearon 9 plántulas e idéntico número en los testigos.

Para el control de la enfermedad se tomaron cuatro porcentajes de afección, tanto para la parte aérea como para el sistema radical, correspondiendo: 0%, plántula completamente sana (parte aérea verde y raíces sin necrosis); <25% y 25-75%, plántula variablemente afectada; >75%, plántula muerta (parte aérea desecada y raíces totalmente necrosadas). Las plántulas también se pesaron, obteniéndose el peso medio de las mismas para cada concentración de zoosporas. El test de Duncan fue aplicado para conocer, con una probabilidad del 95%, las posibles diferencias de las infecciones.

RESULTADOS

En las plántulas inoculadas con las zoosporas los síntomas observados fueron: ligera pérdida del color de las hojas, detención del crecimiento, marchitamiento, defoliación, secados, necrosis de las raíces y muerte de las plántulas (Fig. 11). En las plántulas testigo (sin presencia de zoosporas) de las 5 especies de *Quercus*, estos síntomas fueron más ligeros o no se produjeron, y a los 50 días tanto su desarrollo aéreo como radical, fue considerado como normal para este tipo de plantas.

En *Q. rotundifolia* (Fig. 11-1), suspensiones a partir de 10.000 zoosporas/ml, afectaron al 80% de las plántulas inoculadas con los aislados IVIA-1 e IVIA-2 y al 100% con el aislado IVIA-7. A los 15 días del inicio de la experiencia se observaron los primeros síntomas claros de marchitamiento y desecado en las suspensiones de 50.000 y 100.000 zoosporas/ml. En los tres aislados de *P. cinnamomi*, la necrosis de las raíces absorbentes siguió un desarrollo bastante similar, si bien con 25.000 zoosporas/ml en el aislado IVIA-2 ésta ya fue del 100% (Fig. 1).

En las plántulas inoculadas los pesos medios variaron escasamente en cada aislado de *P. cinnamomi*, así como entre ellos, sin tener en cuenta la suspensión de zoosporas, pero sí que hubo una gran diferencia con las plantas testigo (Fig. 2).

En *Q. suber* (Fig. 11-2), se necesitaron suspensiones de 50.000 zoosporas/ml para observar síntomas evidentes de afección. Un 60% de plántulas afectadas en el aislado IVIA-1, y un 40% en los aislados IVIA-2 e IVIA-7, únicamente se obtuvieron con 100.000 zoosporas/ml después de los 35 días de experimentación. Los sistemas radicales de las plántulas se mostraron en perfectas condiciones y las necrosis se detectaron en la suspensión mayor de zoosporas de los tres aislados de *P. cinnamomi* (Fig. 3).

El peso medio de las plántulas inoculadas no tuvo la influencia de las diferentes suspensiones de zoosporas de cada aislado, y tampoco hubo diferencias significativas con

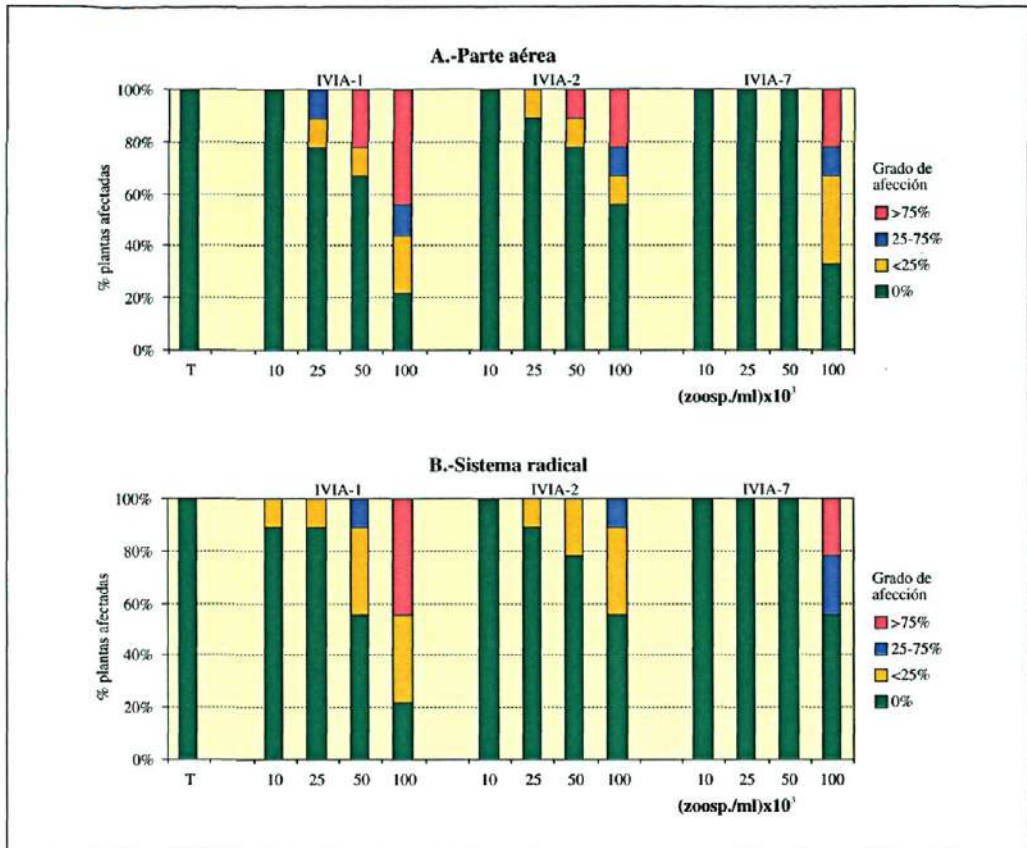


Figura 3.—Afección media de la parte aérea (A) y del sistema radical (B) de las plantas de *Q. suber* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*.

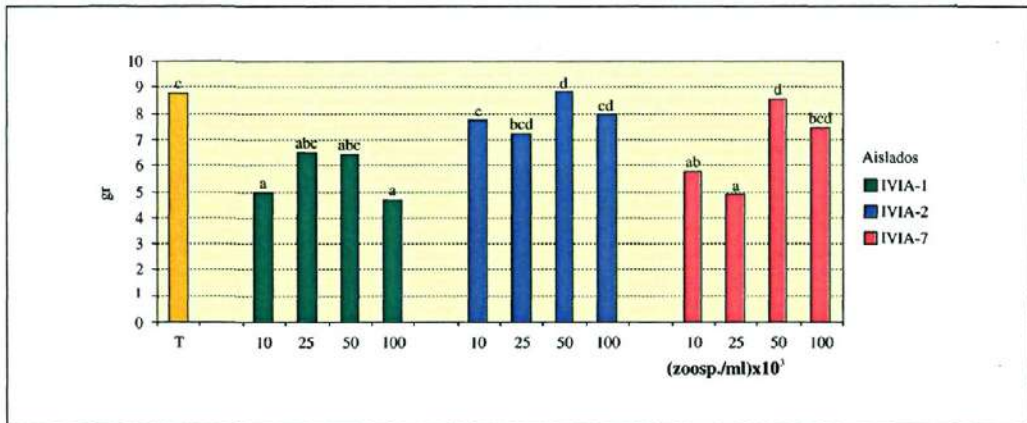


Figura 4.—Peso medio de las plantas de *Q. suber* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*. Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes a $P=0,05$ según el test de DUNCAN.

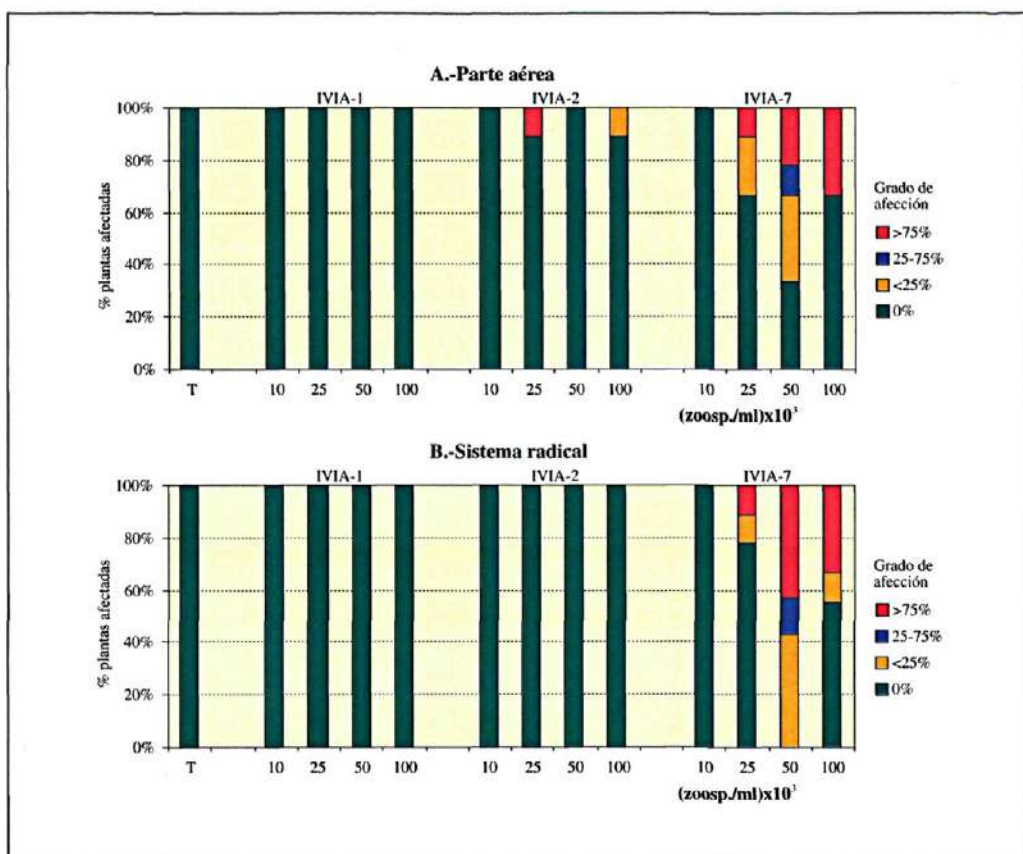


Figura 5.—Afección media de la parte aérea (A) y del sistema radical (B) de las plantas de *Q. faginea* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*.

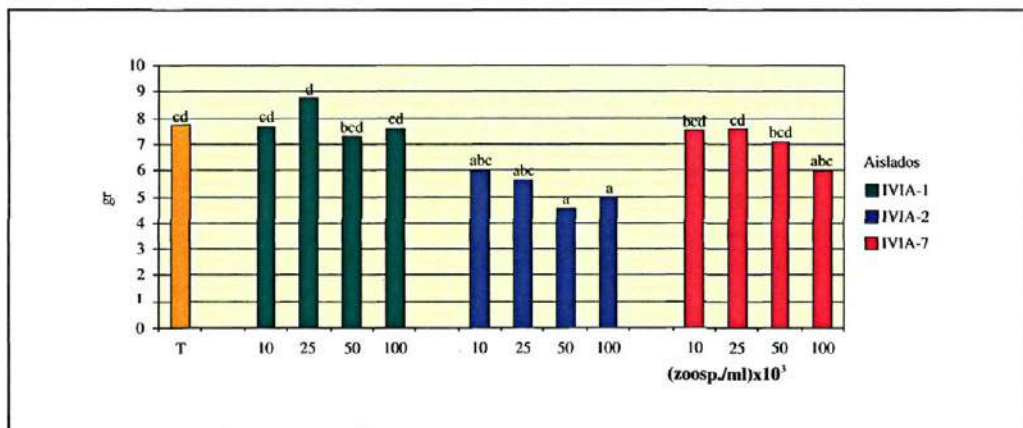


Figura 6.—Peso medio de las plantas de *Q. faginea* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*. Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes a $P=0,05$ según el test de DUNCAN.

respecto a los testigos (Fig. 4). El desarrollo que tenían las plántulas de *Q. suber* al iniciarse el experimento se mantuvo durante el mismo sin cambios detectables.

En *Q. faginea* (Fig. 11-3), la inoculación de las zoosporas no causó ninguna afección en las plántulas en los aislados IVIA-1 e IVIA-2. El aislado IVIA-7 y a partir de 50.000 zoosporas/ml, produjo en el 40% de las plántulas pequeñas defoliaciones parciales al superarse los 25 días de experimentación, pero al poco tiempo estas mismas rebrotaron perfectamente. Las necrosis radicales no se produjeron en los aislados IVIA-1 e IVIA-2, únicamente en el aislado IVIA-7 a partir de 50.000 zoosporas/ml. En el 40% de las plántulas inoculadas con este aislado se detectaron necrosis importantes (Fig. 5).

El peso medio de las plantas inoculadas no fue afectado por las diferentes suspensiones de zoosporas de cada aislado del hongo. El aislado IVIA-2 ralentizó un poco el crecimiento, y con ello determinó diferencias con el testigo (Fig. 6).

En *Q. petraea* (Fig. 11-4), a partir de 50.000 zoosporas/ml las plántulas mostraron síntomas de desecación, pero únicamente el aislado IVIA-7 produjo enfermedad en el 60% de las plántulas inoculadas con 100.000 zoosporas/ml. Los sistemas radicales de las plántulas se mantuvieron en buenas condiciones en todas las suspensiones de zoosporas. Las necrosis de tejido radical no sobrepasaron el 20% (Fig. 7).

El peso medio de las plántulas inoculadas no se diferenció dentro de cada aislado del hongo en las cuatro suspensiones de inóculo, y tampoco con el testigo (Fig. 8).

En *Q. pyrenaica* (Fig. 11-5), suspensiones de 10.000 zoosporas/ml fueron causantes de enfermedad y con 50.000 zoosporas/ml, el 80% de las plántulas fueron desecadas en los aislados IVIA-1 e IVIA-2 y el 60% de las plántulas en el aislado IVIA-7. Los síntomas de daños se observaron a los 20 días del inicio de la experiencia y la afección se evidenció bastante generalizada. Los porcentajes de necrosis de las raíces se contabilizaron de

forma muy similar a los síntomas de la parte aérea. Los aislados IVIA-1 e IVIA-2 se comportaron como los más agresivos en esta especie (Fig. 9).

Se produjo una importante pérdida de peso de las plántulas inoculadas con respecto a las testigo, no así en las diversas suspensiones de zoosporas dentro de cada aislado del hongo (Fig. 10).

El pH de las suspensiones de las zoosporas aumentó entre 0.5 y 1 grado en el tiempo que duró la experimentación, alcanzándose una ligera alcalinidad, alrededor de 7.5.

DISCUSIÓN

La técnica de la sumersión de los sistemas radicales de las plántulas en las suspensiones de zoosporas en extracto de suelo no estéril ha sido útil para conocer aspectos de la relación patógena-huésped en un tiempo relativamente corto (semanas) para estos cultivos leñosos. La intervención del extracto de suelo en el desarrollo de las plántulas y en la viabilidad de las zoosporas se puede considerar insignificante o, en muchos casos, ligeramente mejorante. La motilidad de las zoosporas de *P. cinnamomi* en el extracto de suelo se ha mantenido durante unos 20-22 días, si bien a partir de los 5-7 días el número de éstas descendió considerablemente. Como las zoosporas son atraídas por los exudados de las raíces (Zentmyer, 1961; Hickman, 1970), su disminución en el extracto se debe a la acumulación de las mismas en los tejidos superficiales de las raíces (especialmente en las absorbentes), consiguiéndose en pocos días un buen inóculo para la infección.

De las cinco especies de *Quercus* ensayadas, *Q. rotundifolia* se ha comportado como la más sensible a la infección de *P. cinnamomi* teniendo como inóculo únicamente zoosporas. Esto concuerda con Tuset *et al* (1996), si bien en este caso el inóculo estaba compuesto de micelio del hongo. Suspensiones relativamente densas para plantas leñosas, como son 10.000 zoosporas/ml, han

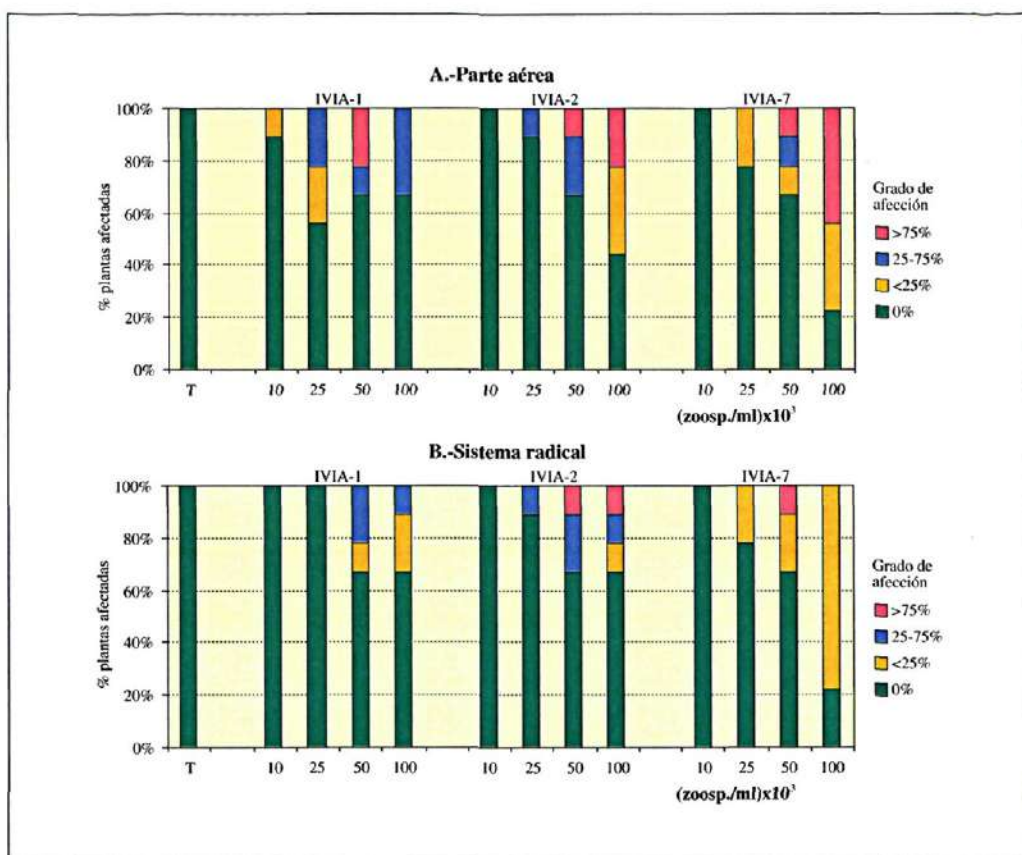


Figura 7.—Afección media de la parte aérea (A) y del sistema radical (B) de las plantas de *Q. petraea* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*.

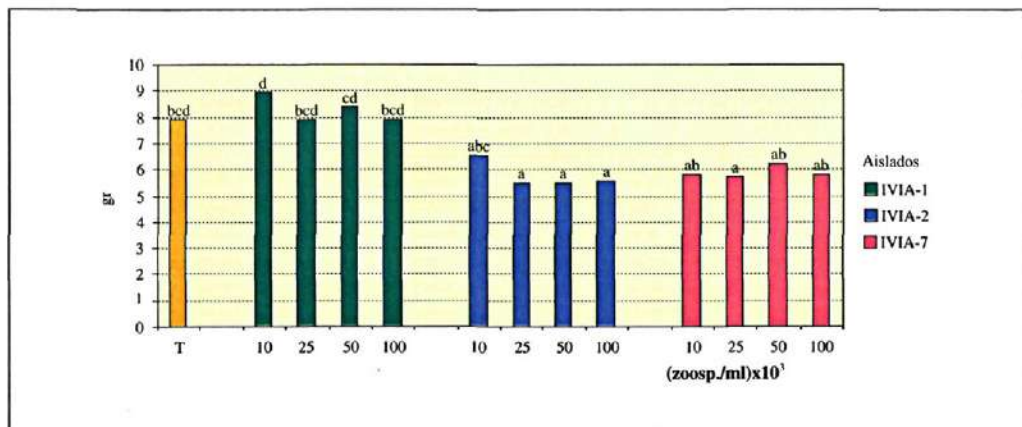


Figura 8.—Peso medio de las plantas de *Q. petraea* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*. Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes a $P=0,05$ según el test de DUNCAN.

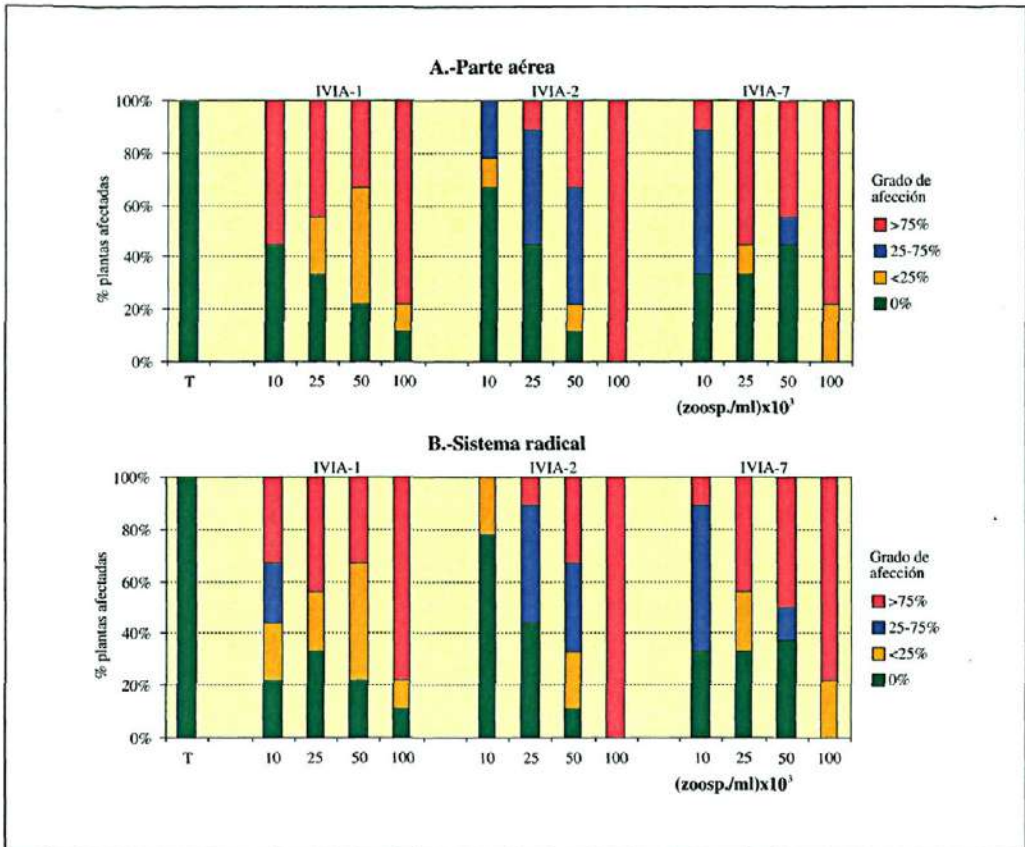


Figura 9.—Afección media de la parte aérea (A) y del sistema radical (B) de las plantas de *Q. pyrenaica* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*.

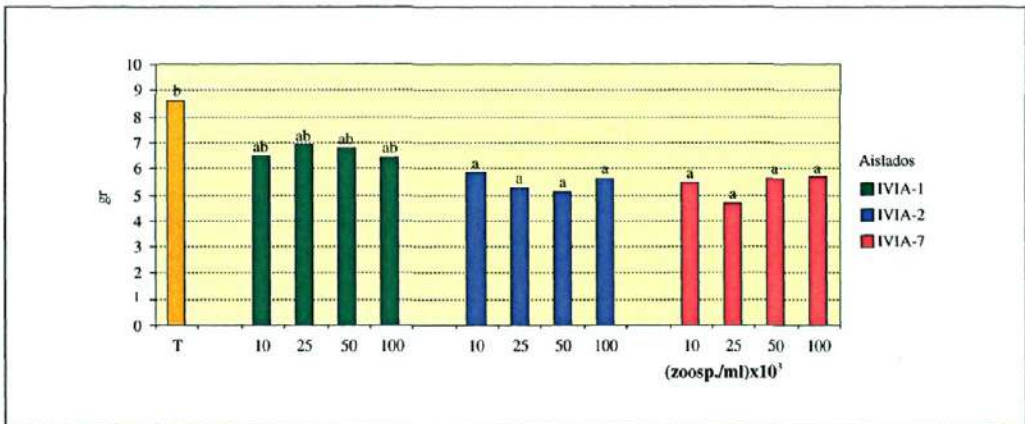


Figura 10.—Peso medio de las plantas de *Q. pyrenaica* a los 50 días de la inoculación con zoosporas de tres aislados (IVIA-1, IVIA-2, IVIA-7) de *P. cinnamomi*. Los tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes a $P=0,05$ según el test de DUNCAN.

sido suficientes para causar infecciones radiculares desencadenantes de daños no recuperables en las plántulas de esta especie de *Quercus*. En las mismas condiciones, las plántulas de *Q. suber*, *Q. faginea* y *Q. petraea* necesitan suspensiones de zoosporas diez veces superiores (alrededor de los 10^5 zoosporas/ml) para producir la enfermedad y las de *Q. pyrenaica*, suspensiones cinco veces más elevadas (unas 5×10^4 zoosporas/ml) para conseguir una afección claramente persistente.

El peso final de las plántulas, en general, estuvo más influenciado por el peso inicial y el exiguo crecimiento producido durante el tiempo de la experiencia (cincuenta días) que por la afección causada por *P. cinnamomi*. Esto fue manifiesto en las especies menos sensibles (*Q. suber*, *Q. faginea* y *Q. petraea*) cuyos pesos medios finales no se diferenciaron de los testigos. En *Q. rotundifolia* y un poco menos en *Q. pyrenaica*, la detención rápida del crecimiento y una desecación más generalizada de las plántulas inoculadas, si que determinaron diferencias patentes con los testigos. Con los datos obtenidos en estos ensayos de patogenidad, bastante clarificadores, la valoración de los síntomas de la parte aérea y radical de las plántulas (marchitamiento, defoliación, secado, necrosis, etc.) debe primar sobre las diferencias de masa vegetal entre las plántulas infectadas y no infectadas.

Las diferencias acentuadas de sensibilidad a la infección con zoosporas de *P. cinnamomi* mostradas en estos ensayos por las especies de *Quercus*, podrían ser una consecuencia de: a) posibles interferencias entre las zoosporas encistadas, si éstas se acumulan masivamente en zonas puntuales de la corteza radical, que entorpecen o impiden a los tubos germinativos alcanzar los tejidos superficiales, como indican Hinch y Weste (1979); b) la escasa atracción a las zoosporas ejercitada por los tejidos radiculares de algunas especies de *Quercus* (Zentmyer, 1961); c) la formación anticipada de tejido suberígeno en las raí-

ces absorbentes que obstaculiza la penetración de los tubos germinativos (Shearer y Tippet, 1989). Las dos últimas condiciones nos parecen las más aceptables para estas plantas. No obstante, se necesita más información de la interacción hongo-tejidos del huésped para confirmar lo indicado. El establecimiento de nuevas investigaciones sobre el proceso de la infección de las zoosporas en raíces de plantas leñosas forestales debe ser considerado en un próximo futuro.

Los tres aislados (IVIA-1, IVIA-2 e IVAI-7) de *P. cinnamomi* ensayados, procedentes de alcornoque, encina y roble rojo americano respectivamente, no han mostrado una clara especificidad en las cinco especies de *Quercus* inoculadas. En las experiencias realizadas en este trabajo no se han observado evidencias importantes de virulencia entre los aislados pero sí algunas diferencias en el nivel de los daños. El comportamiento de estos en producir la enfermedad de la "seca" ha sido muy similar en cada una de las especies de *Quercus*, habiéndose detectado únicamente pequeñas variaciones en la cantidad de tejido radical necrosado o en el número de plantas enfermas en cada especie, lo que demuestra una escasa o nula especificidad. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Chee y Newhook (1965), Podger (1989), Dudzinski *et al* (1993) y Robin y Desprez-Loustau (1998), que trabajando con varios aislados de *P. cinnamomi* procedentes de huéspedes y climatologías bastante diferentes, no consiguen encontrar certezas de especificidad. Esto es manifiesto si los aislados del hongo proceden de áreas templadas y uniformes como es el caso nuestro, donde todos ellos han sido obtenidos de especies de *Quercus* y en climatologías muy similares (Península Ibérica).

Esta demostrada polifagia de *P. cinnamomi* es preocupante para nuestras áreas forestales y como dicen Robin y Desprez-Loustau (1998), debe ser tenida en cuenta, especialmente en los viveros y nuevas plantaciones, por posibles infecciones no previs-

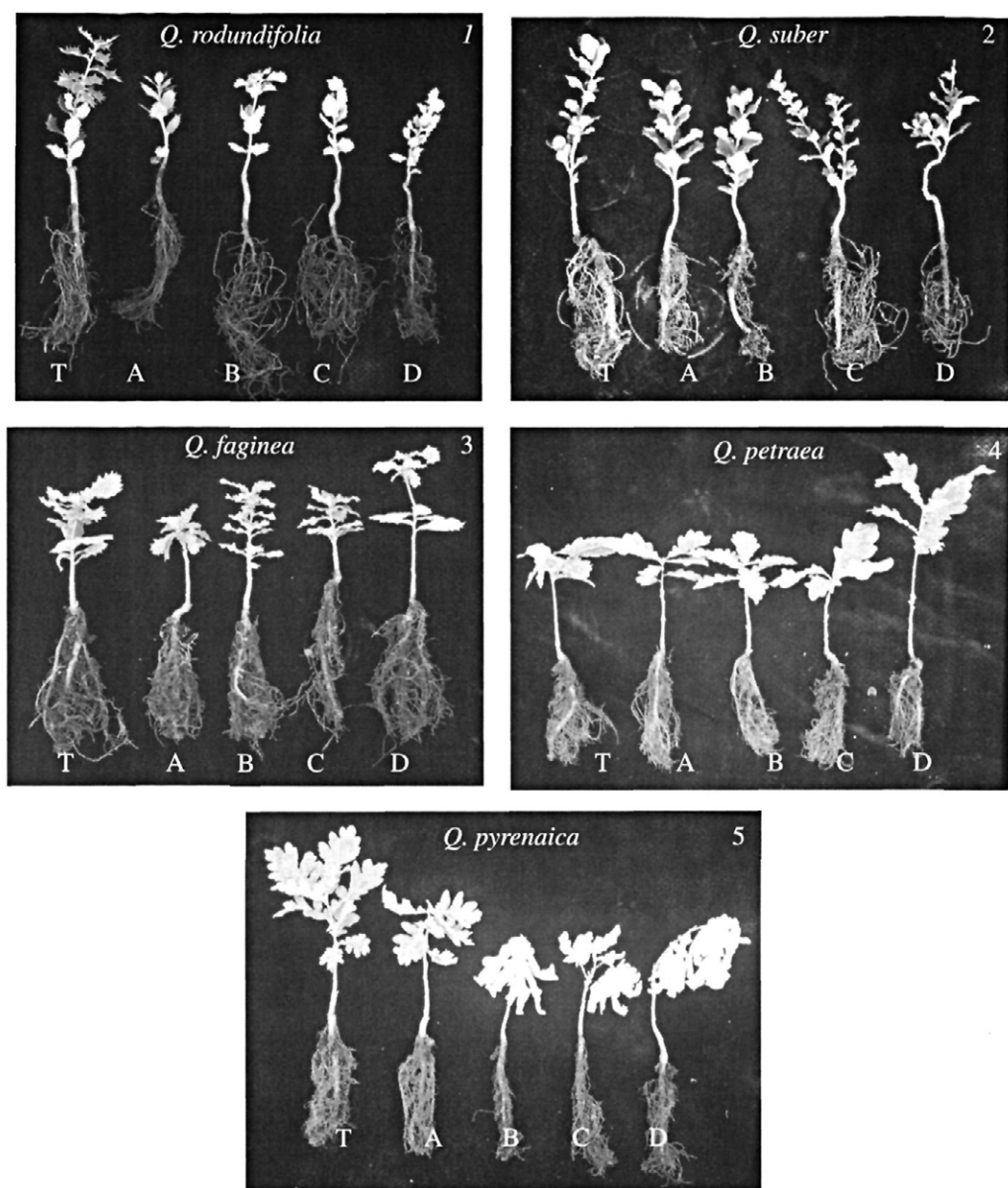


Figura 11.—Síntomas mostrados por las plántulas de 5 especies de *Quercus* después de 50 días de haber permanecido sus sistemas radicales en las suspensiones de zoosporas de tres aislados de *P. cinamomi*. 1, aislado IVIA-1; 2, aislado IVIA-2; 3, aislado IVIA-7; 4, aislado IVIA-2; 5, aislado IVIA-1. T: Testigo (sin zoosporas), A: 10^4 zoosporas/ml, B: 2.5×10^4 zoosporas/ml, C: 5×10^4 zoosporas/ml, D: 10^5 zoosporas/ml.

FE DE ERRATAS

1.—El artículo: «Suspensiones de Zoosporas de *Phytophthora cinnamomi* que causan la “seca” en cinco especies de *Quercus* Mediterráneas» de los autores J. J. TUSET, F. COTS, C. HINAREJOS, J. L. MIRA, publicado en el volumen 27, n° 1, presenta por error, en la página 113, la Fig. 11 en blanco y negro. A continuación se reproduce la misma figura en la forma en color presentada por sus autores.



Figura 11.—Síntomas mostrados por las plántulas de 5 especies de *Quercus* después de 50 días de haber permanecido sus sistemas radicales en las suspensiones de zoosporas de tres aislados de *P. cinnamomi*. 1, aislado IVIA-1; 2, aislado IVIA-2; 3, aislado IVIA-7; 4, aislado IVIA-2; 5, aislado IVIA-1. T: Testigo (sin zoosporas), A: 10^4 zoosporas/ml, B: 2.5×10^4 zoosporas/ml, C: 5×10^4 zoosporas/ml, D: 10^5 zoosporas/ml.

tas en otros huéspedes (infección cruzada). Conocimientos más completos sobre la capacidad y variabilidad patógena de *P. cinnamomi*, especialmente con relación a las plantas arbustivas y leñosas de la foresta mediterránea, deberán ser conseguidos en próximos trabajos de investigación en un indudable intento de mejorar la interacción huésped-patógeno y, con ello, las posibilidades de resistencia a la "seca" parasitaria.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto FEDER N.º IFD1997-0911-C03-02 sobre "Causas del decaimiento de la 'seca' de las masas de *Quercus* mediterráneas. Técnicas de amortiguamiento". También queremos agradecer al Ingeniero de Montes D. José Miguel Sierra de la Comunidad de Castilla-León por las facilidades encontradas en el suministro de los *Quercus*.

ABSTRACT

J.J. TUSET, F. COTS, C. HINAREJOS y J.L. MIRA: Zoospore suspensions of *P. cinnamomi* that cause the "seca" (oak decline) in five species of Mediterranean *Quercus*.

The holm oak (*Q. rotundifolia*) and the cork oak (*Q. suber*) together with American red oak (*Q. rubra*) are susceptible plants to *Phytophthora cinnamomi*. This fungus is associated to the "seca" (a typical oak decline), who is the most important disease that damages them since the beginning of the eighties, either in isolated or in group trees. The infection of the fungus occurs mainly via zoospores. In order to determine the minor zoospore suspensions that cause root infection of the *Quercus*, we have employed four densities (10^4 ; 2.5×10^4 ; 5×10^4 ; 10^5 zoospores/ml) using three isolated of *P. cinnamomi* from *Q. suber* (IVIA-1), *Q. rotundifolia* (IVIA-2) and *Q. rubra* (IVIA-7). Entire root systems of the seedlings of the five Mediterranean *Quercus* species (*Q. rotundifolia*, *Q. suber*, *Q. faginea*, *Q. petraea* and *Q. pyrenaica*) were immersed into zoospore suspensions during 50 days. Symptoms of disease in the seedlings either in aerial and roots were periodically observed. This methodology provides a good motility of zoospores and an evident attraction of these by the root tissue. From the five species, *Q. rotundifolia* has behaved as the most sensible, needing *Q. suber*, *Q. faginea* and *Q. petraea* zoospore suspensions ten times higher (10^5 zoospores/ml) to show disease symptoms. In *Q. pyrenaica* a density of 5×10^4 zoospores/ml showed disease clearly. However, the levels of disease were similar in the three isolates for each species of *Quercus*. It proves that *P. cinnamomi* has a very low or nonexistent specificity as well as a great polyphagia.

Key words: *Phytophthora cinnamomi*, oak decline ("seca"), zoospore suspensions, *Quercus rotundifolia*, *Q. suber*, *Q. faginea*, *Q. petraea*, *Q. pyrenaica*, root infection, aerial and root disease.

BIBLIOGRAFÍA

- BRASIER, C. M. 1992. Oak tree mortality in Iberia. *Nature*, 360:539.
- BRASIER, C. M., ROBRED, F. & FERRAZ, J. F. P. 1993. Evidence for *Phytophthora cinnamomi* involvement in Iberia oak decline. *Plant Pathology*, 42: 140-145.
- COBOS, J. M., MONTAÑA, R. & TUSET, J. J. 1993. New damage to the *Quercus* woodlands in Spain. Preliminary evaluation of the possible implication of *Phytophthora cinnamomi*. *Proc. Int. Congress "Recent Advances in Studies on Oak Decline"*. Dipart. di Patologia Vegetale, Università degli Studi, Bari (Italia). 163-169 pp.
- CHEE, K.H. & NEWBROOK, F.J. 1965. Variability in *Phytophthora cinnamomi* Rands. N.Z. J. Agric. Res. 8: 947-950.
- DUDZINKI, M.J., OLD, K.M. & GIBBS, R.J. 1993. Pathogenic variability in Australia isolates of *Phytophthora cinnamomi*. *Aust. J. Bot.* 41: 721-732.
- HICKMAN, C.J. 1970 Biology of *Phytophthora* zoospores. *Phytopathology*, 60:1128-1135.
- HICKMAN, C.J. & HO, H.H. 1966. Behaviour of zoospores in plant-pathogenic *Phycomycetes*. *Annu. Rev. Phytopathol.* 4:195-220.
- HINCH, J. & WESTE, G. 1979. Behaviour of *Phytophthora cinnamomi* zoospores roots of Australian forest species. *Aust. J. Bot.* 27:679-691.

- PODGER, F.D. 1989. Comparative pathogenicity of fourteen Australian isolates of *Phytophthora cinnamomi* on transplants of Tasmanian temperate heathland. *Aust. J. Bot.* 37:491-500.
- ROBIN, C. & DESPREZ-LOUSTAU, M. L. 1998. Testing variability in pathogenicity of *Phytophthora cinnamomi*. *European Journal of Plant Pathology*. 104: 465-475.
- ROBIN, C., DESPREZ-LOUSTAU, M.L., CAPRON, G. & DELATOUR, C. 1998. First record of *Phytophthora cinnamomi* on cork and holm oaks in France and evidence of pathogenicity. *Ann. Sci. For.* 55:869-883.
- SHEARER, B. L. & TIPPET, J. T. 1989. Jarrah dieback: the Dynamics and Management of *Phytophthora cinnamomi* in the Jarrah (*Eucalyptus marginata*) forest of South-western Australia. Department of Conservation and Land Management. Western Australia: *Research Bulletin* no.3.
- TUSET, J. J., HINAREJOS, C., MIRA, J. L. & COBOS, J. M. 1996. Implicación de *Phytophthora cinnamomi* Rands en la enfermedad de la "seca" de encinas y alcornoques. *Bol. San. Veg., Plagas*. 22:491-499.
- ZENTMYER, G.A. 1961. Chemotaxis of zoospores for root exudates. *Science*. 133:1595-1596.
- ZENTMYER, G. A. 1980. *Phytophthora cinnamomi* and the diseases it causes. *American Phytopathological Society Monograph* no. 10.
- WESTE, G. 1983. Population dynamics and survival of *Phytophthora*. In "*Phytophthora* its biology, taxonomy, ecology, and pathology", Ed. By D.C. Erwin, S. Bartnicki-Garcia and P.H. Tsao. 1 Tomo, pp. 237-257.

(Recepción: 5 febrero 2001)

(Aceptación: 12 febrero 2001)